

VU Research Portal

Klimaatverandering in stedelijke gebieden

van Drunen, M.A.; Lasage, R.

2007

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

van Drunen, M. A., & Lasage, R. (2007). *Klimaatverandering in stedelijke gebieden*. Instituut voor Milieuvraagstukken.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Klimaatverandering in stedelijke gebieden



2050

Routepanner



Klimaatverandering in stedelijke gebieden

**Een inventarisatie van bestaande kennis en openstaande kennisvragen
over effecten en adaptiemogelijkheden**

November 2007

Michiel van Drunen
Ralph Lasage



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Effecten van klimaatverandering op de stad	7
2.1	Belangrijkste effecten en gevolgen	7
2.2	Hitte	8
2.2.1	Hitte-eilanden	8
2.2.2	Arbeidsproductiviteit	8
2.2.3	Agressie	8
2.2.4	Elektriciteitsvraag en -aanbod	9
2.2.5	Levensstijl	9
2.3	Wateroverlast, droogte en overstromingen	9
2.4	Klimaatverandering en andere stressfactoren	10
3	Kennisvragen	11
4	Relatie mitigatie – adaptatie	15
5	Maatregelen ter verhoging van de klimaatbestendigheid van het stedelijk gebied	17
5.1	Inleiding: klimaatbestendige ruimtelijke ordening	17
5.2	Het gebouw	17
5.3	De wijk	18
5.3.1	Groen in de stad en ruimtelijke inrichting	18
5.3.2	Warmte- en koudeopslag	18
5.4	De stad en de regio	19
5.4.1	Bestuurlijke maatregelen en communicatie	19
5.4.2	Waterhuishouding	19
6	Barrières en kennisvragen	21
6.1	Barrières	21
6.2	Kennisvragen	22
7	Conclusies en aanbevelingen	25
	Literatuur	27
	Lijst geïnterviewde personen	31



Er bestaat geen enkele twijfel over: het klimaat verandert. De effecten ervan zijn nu al voelbaar en voorspelbaar. Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat zelfs met aanzienlijke reducties van broeikasgasemissies (mitigatie) de verandering van het klimaat niet is te voorkomen. Als we niets doen raakt loopt de samenleving grote risico's. Daarom moeten we ons zodanig aanpassen dat de effecten van klimaatverandering aanvaardbaar zullen zijn: Nederland moet klimaatbestendig worden.

Om het proces van het klimaatbestendig maken een impuls te geven hebben vier ministeries en de onderzoeksprogramma's Klimaat voor Ruimte (KvR), Leven met Water (LmW) en Habiforum het Nationaal Programma 'Adaptatie Ruimte en Klimaat' (ARK) opgezet.

Kernvragen zijn:

- Wat is de aard en omvang van reeds waarneembare en te verwachten effecten van klimaatverandering voor verschillende thema's en sectoren?
- Welke ruimtelijke vraagstukken levert dat op?
- Op welke wijze kunnen deze ruimtelijke vraagstukken worden aangepakt?
- Welke dilemma's (technisch, bestuurlijk, economisch, sociaal) ontstaan er bij het oplossen van deze ruimtelijke vraagstukken?

De Routeplanner is de wetenschappelijke tak van ARK: de drie onderzoeksprogramma's, gesteund door andere kennisinstituten, 'voeden' ARK met wetenschappelijke kennis en inzichten over het klimaatbestendig maken van de ruimtelijke inrichting van Nederland. Routeplanner 2 mondde uit in vier rapporten en de brochure "Naar een klimaatbestendig Nederland". Routeplanner 3 is hierop een vervolg. Voor een aantal thema's beschrijft het:

- Welke kennisvragen al zijn beantwoord
- Wat die antwoorden zijn
- Welke kennisvragen nu worden onderzocht in één van de BSIK-programma's (met name in Klimaat voor Ruimte (KvR), Leven met Water (LmW) en Habiforum)
- Welke kennisvragen buiten BSIK worden onderzocht
- Welke kennisleemtes er nog zijn

De thema's zijn zo gekozen dat één ministerie verantwoordelijk is voor het hele thema.

Dit rapport gaat in op de uitwerking van deze vragen voor het thema klimaatverandering in stedelijke gebieden. Voor het eerst in de historie wonen meer mensen in steden dan in het landelijk gebied (UN, 2005). Het is dus van belang om de invloeden van klimaatverandering op het stedelijk gebied en de mogelijke adaptatiemaatregelen te bestuderen. De andere thema's zijn:

- Waterveiligheid en klimaatbestendigheid in breder perspectief
- Klimaatverandering en natuur
- Naar een klimaatbestendig Groene Hart

ARK (2006) beschrijft de klimaatgerelateerde problematiek van stedelijke gebieden in Nederland als volgt: "Toename van wateroverlast, verdroging en hitte in steden zijn de belangrijkste effecten van klimaatverandering in stedelijk gebied. Ook heeft klimaatverandering effect op waterveiligheidsrisico's. Met name in de lage delen van Nederland, waaronder de Randstad, leidt het omgaan met deze effecten in combinatie met verdergaande verstedelijking tot een enorme opgave. De economische groei en behoefte aan ruimte voor wonen en werken

blijft de komende jaren onverminderd groot. Waar gaan we in de ruimtebehoefte voor verstedelijking en economische groei voorzien? Gebundeld en zoveel mogelijk in bestaand stedelijk gebied met mogelijk negatieve effecten op de leefkwaliteit en op de mogelijkheden om meer water en groen in bestaand stedelijk gebied te krijgen? Of meer gespreid in het buitengebied, waardoor ruimte voor waterberging verloren gaat? En hoe houden we onze mainports (Rotterdam, Schiphol) klimaatbestendig? Hoe bouwen we veilig en vrij van wateroverlast?”

Het hier beschreven onderzoek naar klimaatverandering en stedelijke gebieden in Nederland is gedaan door literatuuronderzoek, een internetonderzoek en vier telefonische interviews met experts in Nederland. Voor het internetonderzoek is scholar.google.com gebruikt met de zoektermen: “urban heat island”, “climate change” + urban + adaptation, en “urban heat island” + cooling. Belangrijke bronnen waren onder andere het IPCC Fourth Assessment report (AR4, 2007), de London Climate Change Partnership (LCCP, 2002 en LCCP, 2006) en de Routeplanner 2 rapporten (Kwadijk et al., 2006, Van Ierland et al., 2006, Veraart et al., 2006).

Dit rapport is als volgt opgebouwd: Hoofdstuk 2 beschrijft de belangrijkste effecten van klimaatverandering op stedelijke gebieden in Nederland. Met name gaan wij in op effecten van extreme neerslag, hittegolven/droogte en het hitte-eilandeffect. In Hoofdstuk 3 komen de kennisvragen aan de orde: welke vragen worden nu bestudeerd in de relevante onderzoeksprogramma's in Nederland? Hoofdstuk 4 gaat over de relatie tussen mitigatie en adaptatie: met name in stedelijke gebieden zijn er adaptatiemogelijkheden die effect hebben op de emissies van broeikasgasemissies. Zowel maatregelen die leiden tot een toename als maatregelen die tot een afname leiden, waarbij de laatste uiteraard de voorkeur hebben. Het vijfde hoofdstuk beschrijft opties die de klimaatbestendigheid in stedelijke gebieden kunnen vergroten. Verschillende voorbeelden uit binnen- en buitenland passeren de revue. Wij gaan met name in op voorbereiding op rampen en op voorbereiding op langetermijnveranderingen. Hoofdstuk 6 beschrijft de barrières die optreden bij het invoeren van adaptatieopties. Deze kunnen institutioneel, technisch, sociaal-cultureel en economisch van aard zijn. In Hoofdstuk 6 formuleren we ook openstaande kennisvragen naar aanleiding van de geïdentificeerde barrières. Ten slotte volgt een hoofdstuk met conclusies en aanbevelingen.

Klimaatverandering is niet de enige factor die de stad beïnvloedt. Andere belangrijke factoren zijn bijvoorbeeld veranderingen in stedelijke vorm (dichtheid en spreiding) en verandering in levensstijl. Deze factoren beïnvloeden elkaar ook (AR4, 2007). In dit rapport concentreren wij ons echter op de factor klimaat.

Effecten van klimaatverandering op de stad

2.1 Belangrijkste effecten en gevolgen

De klimaatscenario's van het KNMI uit 2006 zijn eerder samengevat in De Staat van het Klimaat (PCCC, 2006). Hieronder een paragraaf uit De Staat van het Klimaat; de getallen gelden voor 2050 ten opzichte van 1990:

- "De opwarming zet door, hierdoor komen zachte winters en warme zomers vaker voor
- De vier scenario's laten een opwarming zien die varieert van 0,9 tot 2,3 graden Celsius in de winter en van 0,9 tot 2,8 graden Celsius in de zomer
- De winters worden gemiddeld natter, variërend tussen de 4 en 14 procent en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe
- De hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen wordt juist minder. Gemiddeld neemt de zomerneerslag toe met 3 tot 6 procent bij ongewijzigde circulatie, maar juist af met 10 tot 19 procent als de wind meer uit de oosthoek gaat waaien
- De berekende veranderingen in het windklimaat zijn klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid
- De zeespiegel blijft stijgen, variërend van 15 tot 35 cm tot 2050. Hierbij is rekening gehouden met mogelijke veranderingen in de Warme Golfstroom. Ook is de recentelijk geconstateerde versnelling door het slinken van de Groenlandse ijskap in rekening gebracht. Niet verdisconteerd zijn bodembewegingen zoals het inklinken van veengronden of bodemdaling door gaswinning (afhankelijk van de omstandigheden op sommige locaties tot 4 cm per jaar)"

Rond 2050 gaan de gemiddelde zomers waarschijnlijk steeds meer lijken op de hete zomer zoals we die in 2003 hadden. Bijvoorbeeld in De Bilt stijgt het aantal zomerse dagen (>25°C) van gemiddeld 24 in 1990 naar 30 in het G scenario of 47 in het W+ scenario in 2050.

Belangrijke gevolgen voor stedelijke gebieden zijn (Kwadijk et al., 2006):

- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Een afname van de luchtkwaliteit tijdens hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het elektriciteitsverbruik in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de frequentie van koelwaterbeperkingen (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de hoge afvoeren van de grote rivieren in de winter en daarmee een toename van de kans op overstromingen (zeer waarschijnlijk)
- Het vaker voorkomen van wateroverlast in stedelijke gebieden (waarschijnlijk)
- Toename van windsnelheid gedurende stormen (Fifty-Fifty)

Klimaatscenario's laten een toename van de windsnelheden zien, maar de toename is klein en valt ruim binnen de huidige variatie in windsnelheden van jaar tot jaar.

Kwadijk et al. (2006) concluderen dat het klimaat in 2050 in Nederland lijkt op het huidige klimaat in de Bordeaux (in de lente, zomer en herfst) en de Po-vlakte (in de winter).

2.2 Hitte

2.2.1 Hitte-eilanden

De temperatuur in de stad is tot 6°C hoger dan in het omliggende gebied (Arnfield, 2003 - geciteerd in Wilby, 2007). Vooral in de nacht is het verschil tussen de stad en het omliggende landelijke gebied groot (Graves et al., 2001). De verschillen tussen steden en het landelijke gebied wordt veroorzaakt doordat (Graves et al., 2001, Kuypers, 2007):

- In steden meer zonlicht wordt geabsorbeerd dan in omliggende gebieden door de daar aanwezige, donkere materialen
 - De afkoeling door langgolvlige straling lager is in de stad dan in het landelijk gebied
 - Er warmte vrij komt uit antropogene bronnen zoals verwarming, gemotoriseerd vervoer, airconditioning, fabrieken etc.
 - Steden een 10 à 20% lagere evapotranspiratie hebben omdat ze grotendeels uit verhard oppervlak bestaan
 - Er vermindering in convectief warmte verlies van gebouwen is door lagere windsnelheden
- Het hitte-eilandeffect is voelbaar als men 's avonds in de zomer een stadspark bezoekt, het is daar een stuk koeler dan tussen de gebouwen. Tijdens normale condities zijn steden warmer dan het omliggende gebied, maar tijdens hittegolven is dit verschil nog groter en kan het voor problemen zorgen, zoals de toegenomen mortaliteit tijdens de hittegolven van 1994 in België en 2003 in Parijs (Sartor et al., 1995). De extra mortaliteit door de hittegolf van 2003 in Europa wordt geschat op 35.000 (AR4, 2007). Het zijn met name ouderen, kleine kinderen en zieke mensen die het hardst getroffen worden door hitte.

2.2.2 Arbeidsproductiviteit

Weer en klimaat hebben meetbare invloed op het gedrag van mensen. In het algemeen voelen mensen in gematigde klimaatzones zich nog goed bij temperaturen tot 28°C in werk- en leefruimtes en tot 26°C in slaapvertrekken (Hacker en Holmes, 2007). Twee graden lagere temperaturen worden comfortabel geacht.

In hun standaardwerk over milieupsychologie schrijven Bell et al. (1996: 201) dat de relatie tussen hitte en gedrag complex is en dat er grote verschillen zijn tussen individuen. Experimenten en waarnemingen geven aan dat als de temperatuur enigszins hoger dan aangenaam is, eenvoudige taken beter worden gedaan. Complexe taken worden slechter uitgevoerd naarmate de temperatuur onaangename wordt. Bijvoorbeeld blootstelling aan 32°C, gedurende één uur, heeft een meetbaar negatief effect op fysieke prestaties en blootstelling gedurende twee uur op mentale prestaties (Bell et al., 1996: 199).

Mensen wennen wel aan hitte; de temperatuur waarbij mensen zich comfortabel voelen zal daardoor wellicht veranderen als het klimaat verandert. De effecten op de gezondheid veranderen echter niet.

Tijdens de hittegolf van 2003 steeg het ziekteverzuim in Nederland van 3.4 naar 11.5% (NIROV, 2007).

2.2.3 Agressie

Als de temperatuur tot onaangename of zeer onaangename (>32°C) hoogte stijgt daalt de 'interpersoonlijke aantrekkelijkheid' (onbekenden vinden elkaar minder aardig) en neemt agressie toe. Het is niet duidelijk of een verdere stijging van de temperatuur weer leidt tot

een daling van de agressie: mogelijk leiden zeer hoge temperaturen tot een soort lethargie en daalt de agressie. Er zijn echter te weinig waarnemingen gedaan om een dergelijke omgekeerde U-vorm in de relatie tussen temperatuur en agressie te bewijzen. Onderzoek naar de relatie tussen hitte en het verlenen van hulp aan onbekenden in nood levert ook tegenstrijdige resultaten op (Bell et al., 1996: 202-207).

2.2.4 Elektriciteitsvraag en -aanbod

Tijdens warme perioden hebben elektriciteitscentrales een probleem met de hogere oppervlaktewatertemperatuur, omdat zij dit water gebruiken als koelwater. Als de watertemperatuur hoger is dan 23°C, komt de capaciteit voor elektriciteitsopwekking in gevaar, omdat de maximale lozingstemperatuur 30°C is en dan het functioneren van aquatische ecosystemen in gevaar komt. Een verdere opwarming van het water zal ertoe leiden dat de frequentie van koelwaterlozingsbeperkingen toeneemt waardoor de reservecapaciteit sterk wordt gereduceerd ('code rood'). Het probleem wordt verergerd doordat de vraag naar elektriciteit tijdens hittegolven juist toeneemt, vooral door koelinstallaties (airconditioning, koelkasten, etc.)¹. In Frankrijk tijdens de hittegolf van 2003, vielen bijvoorbeeld zes elektriciteitscentrales uit, terwijl de elektriciteitsvraag toenam (AR4, 2007: 846).

2.2.5 Levensstijl

De London Climate Change Partnership (LCCP, 2002) heeft beschreven wat de effecten van klimaatverandering kunnen zijn op de levensstijl van Londenaars. Wij verwachten dat deze verandering ook op Nederlandse stedelingen van toepassing zijn. De LCCP voorziet dat het leven in London meer buitenshuis zal plaatsvinden, hoewel dat niet voor iedereen zal gelden door gebrek aan faciliteiten of angst voor criminaliteit. Parken en openbare ruimtes zullen intensiever gebruikt worden, bijvoorbeeld voor concerten, festivals en sportactiviteiten.

Positieve effecten hiervan zijn dat mensen (met name kinderen) meer zullen bewegen, meer buitenlucht inademen in plaats van ongezonde binnenlucht, dat er meer sociale interactie zal zijn tussen mensen en dat er meer mogelijkheden voor vermaak zullen zijn. Fietsen en lopen wordt aantrekkelijker waardoor er minder gemotoriseerd verkeer nodig is.

Een negatief effect van een levensstijl meer buitenshuis is dat er meer overlast plaatsvindt, zoals geluidhinder. LCCP (2002: 119) suggereert wel dat Londenaars, net als inwoners van Mediterrane steden, hier in de toekomst wel beter mee leren omgaan. Een ander negatief effect is dat de huisstofmijten, die veel allergieën veroorzaken, beter gedijen omdat binnenmilieus vochtiger worden door een korter stookseizoen.

2.3 Wateroverlast, droogte en overstromingen

Naast hogere temperaturen krijgen steden vaker te maken met overlast veroorzaakt door grote neerslaghoeveelheden. Dit wordt verergerd doordat een groot deel van het gebied bestaat uit verhard oppervlak. Daardoor moet het water worden afgevoerd in plaats van dat het in de grond infiltreert. Denk hierbij aan de overlast die zware buien veroorzaakten in de zomer van 2007 in

¹ Het gebruik van koelinstallaties is een typisch voorbeeld van maladaptatie (zie ook Hoofdstuk 4).

bijvoorbeeld Oudenbosch en Hoogeveen, en in 2006 in Egmond. Het is de verwachting dat bovenstaande situaties vaker zullen optreden onder veranderde klimaatcondities (Van den Hurk et al., 2006).

In perioden van droogte kan de grondwaterspiegel dalen, zoals tijdens de zomer van 2003. Bij lage grondwaterstandspiegel kan de houten fundering van gebouwen in steden in laag Nederland deels droog komen te staan waardoor de fundering aangetast kan worden door paalrot, zoals in Haarlem, Dordrecht en Zaanstad (Volkskrant, 2003; Dordt Centraal, 2007; BelangenVereniging FunderingsProblematiek, 2007). Verder neemt de kans op schade aan de stedelijke begroeiing (bijvoorbeeld aan bomen) toe in periode van droogte. In steden op de hoge gronden worden daarom steeds vaker platanen geplant (De Pater, 2007).

Als de periode van droogte lang duurt, kan de ruwwatertoevoer voor drinkwaterbereiding verminderen, zeker als de droogte in heel West Europa plaatsvindt en de aanvoer van de rivieren laag is. In Nederland zijn echter voldoende (strategische) ruwwatervoorraden, zodat deze problemen zeer onwaarschijnlijk zijn (Kwadijk et al., 2006: 4-6). Mogelijk treden er wel capaciteitsproblemen op als de vraag naar water sterk toeneemt in periodes van droogte. Door de toename van de kans op droogte neemt de kans op schade ook toe bij calamiteiten zoals leidingbreuken of ernstige oppervlaktewaterverontreiniging (Van de Ven, 2007).

WLO (2006: 150) meldt dat de kans op overstroming in de steden in laag Nederland en langs de grote rivieren toeneemt bij een stijgende zeespiegel en een toenemende rivierafvoer en dat het overstromingsrisico sterk afhankelijk is van de te nemen adaptatiemaatregelen. Formeel is de overheid echter wettelijk verplicht om de dijken dusdanig op te hogen dat de overstromingskansen aan de norm blijven voldoen. De overstromingskans neemt dan niet toe. In de praktijk blijkt echter dat de overheid niet altijd op tijd de benodigde maatregelen neemt (Commissie Vellinga, 2006). Het overstromingsrisico (de overstromingskans maal de potentiële schade) neemt in ieder geval toe doordat de potentiële schade toeneemt. Immers door economische groei neemt de hoeveelheid kapitaal toe in de gebieden die kunnen overstromen. Adaptatiemaatregelen kunnen deze schade wel sterk reduceren (Van de Ven, 2007).

2.4 Klimaatverandering en andere stressfactoren

In de komende eeuw is klimaatverandering maar één van de vele stressfactoren in stedelijke gebieden. Stadsbesturen hebben en krijgen onder andere ook te maken met congestie, gettovorming, een veranderende vraag naar woningen en een veranderende bevolkingssamenstelling (zie bijvoorbeeld WLO, 2006). Deze trends leggen, net als klimaatverandering, beslag op de schaarse ruimte in de stad.

Het is niet onwaarschijnlijk dat klimaatverandering betrekkelijk laag op de agenda van de stadsbesturen zal komen te staan, omdat de problematiek minder urgent lijkt dan die van de andere stressfactoren. Op dit moment is er wel een gevoel van urgentie over overstromingsrisico's en kans op wateroverlast, maar niet over hitte in de stad. Verder is adaptatie geen doel op zich, maar moet adaptatie gezien worden als een middel op weg naar een duurzame stad (Kuypers, 2007).

Kennisvragen over de effecten van klimaatverandering specifiek gericht op stedelijke gebieden hebben wij nauwelijks gevonden in de literatuur. Wel zijn er talrijke kennisvragen bekend op deelterreinen, zoals transportinfrastructuur, stedelijk waterbeheer en indirecte effecten door verandering van het stedelijk groen en de luchtkwaliteit (Veraart et al., 2006: 11).

Veraart et al., 2006 (p.61) melden verder:

“De indruk bestaat dat bij besluitvorming in en over ontwikkelingen in stedelijke netwerken het probleem van de klimaatveranderingen tot nu toe slechts een ondergeschikte rol speelt. Belangrijke kennisvragen die er op dit gebied liggen, hebben vooral te maken met de kwestie wat het nu eigenlijk voor ruimtelijke besluitvorming betekent als het klimaatprobleem moet worden meegenomen.

Effectstudies naar de gevolgen van klimaatverandering voor de woningbouw² als primaire insteek, zijn voor Nederland niet beschikbaar. Dit is best opmerkelijk te noemen aangezien de plannen voor nieuwe woningbouw voornamelijk liggen in regio's onder zeeniveau. Het gaat hierbij om grote investeringen in de private sector (de bouw van 1 tot 2 miljoen woningen tot 2030) en bestaand kapitaal dat risico loopt.”

In Tabel 1 hebben we omschrijvingen van lopende projecten samengevat, die gaan over onderzoek dat is gerelateerd aan effecten van klimaatverandering in stedelijke gebieden. Projectvoorstellen zijn niet opgenomen in de tabel. In Hoofdstuk 6 staan de kennisleemtes beschreven.

² Ook stedelijke inrichting kan hieraan worden toegevoegd (Van de Ven, 2007).

Tabel 1 Projecten relevant voor klimaatverandering in stedelijke gebieden (Veraart et al., 2006: 11; Nijburg, 2007; Haccoû en Metselaar, 2007; eigen inventarisatie). KvR=Klimaat voor Ruimte, LmW=Leven met Water.

PROJECTNAAM	TITEL	PROJECTLEIDER	OPDRACHTGEVER
CS7	Tailoring, op maat maken van klimaatscenario's voor gebruikers. Gaat echter niet over specifiek over stedelijke gebieden.	B.J.J.M van den Hurk (KNMI)	KvR
A14	Hotspot Zuidplaspolder. Hoe deze diepe polder klimaatbestendig in te richten?	M. van Stekelenburg (PZH)	KvR
A16	Hotspot Tilburg - Wat is de relatie tussen klimaatverandering met luchtkwaliteit, en hoe om te gaan met mogelijke gezondheidsclimaten?	J. Schouw (CEA)	KvR
A17	Hoe kan de stad zich aanpassen aan weersextremen met nadruk op het "Heat island" effect als gevolg van veranderingen van het klimaat en hoe kunnen publieke en private partijen daarop anticiperen?	V.H.M Kuypers (Alterra)	KvR
COM22	Definitiestudie hitte in de stad. Dit project wil een eerste generatie praktische vuistregels voor de bouw opstellen, om het hitte-eilandeffect te verminderen. Nadruk op no-regret maatregelen. Volgende vragen worden beantwoord: hoe erg is het, wat is een onaanvaardbare temperatuuroverschrijding, wat zijn effectieve RO gebonden maatregelen en hoe kan kennis verspreid worden? Daarnaast wordt ook een volledig voorstel op dit onderwerp geschreven.	P.W. van Oppen (SBR)	KvR
COM23	Definitiestudie voor een wetenschappelijk project "Waterrobuust Bouwen in het stedelijk gebied". Het ontwikkelen van maatregelen, werkwijzen en vuistregels voor een waterrobuste bebouwde omgeving. Tevens het schrijven van een volledig voorstel waarin deze zaken geëvalueerd en waar mogelijk verbeterd worden.	F.H.M. van de Ven (TU Delft)	KvR
IC5	Kosten-baten analyse van adaptatie- en mitigatiemogelijkheden voor klimaatverandering: methoden en toepassingen.	E. van Ierland (WUR)	KvR
IC3	Landgebruiksontwikkelingen in een veranderend klimaat (LANDS). LANDS bekijkt hoe landgebruikveranderingen, ingegeven door klimaatverandering, kunnen worden vertaald naar nationale adaptatiestrategieën en regionale maatregelen met de land use scanner. Dit op sociaaleconomische en klimaatscenario's gebaseerde instrument, gebruikt in een GIS-omgeving, zal inzichten opleveren in mogelijke toekomstige ruimteclaims van adaptatiestrategieën in Nederland.	E. Koomen (VU)	KvR
IC12	Instituten voor adaptatie. Hoe evolueren instituten zich in de komende eeuw? Welke zijn in staat adaptatiemaatregelen te initiëren en door te voeren?	J. Gupta (VU)	KvR
P1002	Transities DSW. De waterhuishouding in de stad moet anders worden georganiseerd, zonder strikte scheiding tussen onderdelen van waterfuncties, in overeenstemming met de wensen van de samenleving en de verwachte klimaatverandering.	F.H.M. van de Ven (TU Delft)	LmW
P1003	Waterberging in de diepte. In perioden met veel of juist weinig neerslag is waterberging van groot belang. Ondergrondse waterberging kan een interessant alternatief vormen voor waterberging middels het oppervlaktewater. Hierdoor kan ruimte voor de opslag van water worden bespaard en verdroging in de zomer worden bestreden.	A. Willemsen (IF Technology)	LmW

PROJECTNAAM	TITEL	PROJECTLEIDER	OPDRACHTGEVER
P3075	Urban Flood Management (UFM). Harde constructies zijn niet meer voldoende voor het beheersen van overstromingsrisico's. Langetermijnplanningstrategieën zijn hiervoor nodig.	E.T.G. Kelder (Gemeente Dordrecht)	LmW
P1028	Kennisontwikkeling stedelijk waterbeheer. Veranderend waterbeheer, o.a. afkoppeling van riolering en grondwatersysteem, grondwateroverlast, meervoudig ruimtegebruik, het beheersbaar houden van de lasten van de burgers en stedelijke waterkwaliteit. Gaat over kennisvragen.	J.M.J. Leenen (STOWA)	LmW
P1009	Ruimte voor water raakt de belangen van de burger. Voor waterbeheerders, die gewend zijn met technische innovaties het waterbeheer te verbeteren, is het nieuwe waterbeheer niet altijd gemakkelijk uit te leggen. Er moeten nieuwe communicatiestrategieën worden ontwikkeld, die rekening houden met de uiteenlopende beleving van water bij belanghebbenden.	A. Buijs (Alterra)	LmW
P1019	Bouwen met Water. Waterbewust bouwen kan een oplossing zijn voor het gebrek aan ruimte en het gebrek aan waterberging dat in grote delen van de Randstad bestaat. In een samenwerkingsverband tussen overheid en bedrijfsleven wordt voor de Haarlemmermeer onderzocht hoe ruimte voor wonen, werken, waterberging en natuur duurzaam ingericht kan worden.	S. de Boer (Dura Vermeer)	LmW, Habiform
P1021	Waterschap in de stad. Het waterschap moet voldoende ruimte voor water in de stad realiseren. De ruimteclaim voor water is echter impopulair en vraagt van het waterschap dat het samenwerkt met anderen. Daarvoor is het nodig dat medewerkers van het waterschap vaardigheden ontwikkelen om effectiever om te gaan met stakeholders.	A.J. Palsma (STOWA)	LmW
P2037	Hollandse Waterstad. Deze Goudsche waterhuishouding is in de afgelopen 50 jaar gedempt en overkluisd. Het gevolg is een tekort aan bergingscapaciteit en onvoldoende waterkwaliteit. Een integraal plan wordt opgezet, dat de waterhuishouding weer in ere herstelt en dat recht doet aan ideeën van bewoners.	M.F. van Wijhe-Faas (Gemeente Gouda)	LmW
P2048	Beter bouw- en woonrijp maken. De veranderende eisen ten aanzien van de stedelijke inrichting en de andere methoden en technieken voor water- en zettingbeheersing maken dat de oude ontwerpmethoden dringend aan vervanging toe zijn. Een module water robuust bouwen is in ontwikkeling.	F.H.M. van de Ven (TU Delft)	LmW
P2051	AquaRO. De AquaRO website biedt handvatten voor gemeenten om ruimtelijke ordening en water beter te integreren, waarbij op efficiënte wijze de daarbij noodzakelijke informatie kan worden getraceerd. Tevens wordt de doelgroep via de methodiek meegenomen in het watertoetsproces.	M.V. Reijnierse (Waterschap Rivierenland)	LmW
P3068	Bewoners aan de bak. Bewoners worden pas in een laat stadium betrokken. Doel: waterprojecten uitvoeren waarbij de bewoners in de diverse stadia als volwaardige partners worden gezien, waarbij de behoeften en mogelijkheden op elkaar worden afgestemd.	S. de Ligt Klimaat-verbond/ Syncera Water	LmW
P3076	Guidelines for building in wet areas. Allerlei voorschriften staan introductie van innovatieve manieren om in waterrijke gebieden te bouwen (palen, drijvende huizen) in de weg. Wat kunnen we leren van ervaringen in het Verenigd Koninkrijk en andere landen?	R.M. Besemer (Dura Vermeer)	LmW

PROJECTNAAM	TITEL	PROJECTLEIDER	OPDRACHTGEVER
P3080	Sponge Job Zuidas. Het onderzoek richt zich op de juridische aspecten van waterberging op privaat terrein.	M. Claassen (Waternet)	LmW
P4086	Urban Water sustainable case studies. Leren van Australische Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), transitie management, onderzoek naar toepasbaarheid in Nederland.	F.H.M. van de Ven (TU Delft)	LmW
P4087	Living waterproof in Low Land Areas. Waterrobuust bouwen in het Verenigd Koninkrijk en Nederland, leren van elkaars praktijkervaringen.	F.H.M. van de Ven (TU Delft)	LmW
Wetenschap cluster Synergie	De bepaling en waardering van ruimtelijke risico's: een geïntegreerde benadering. In Nederland zijn overstromingsrisico's groot. De schatting van het overstromingsrisico zal dan ook een centrale plaats hebben in het project. Drie perspectieven worden gehanteerd: normstellingaspecten (dijkkringen), individuele ervaring (overstroming langs de Maas), en communicatieaspecten. Aan de hand van variaties in woningprijzen wordt de economische waardering van risico's door huishoudens geschat. De risicocommunicatie zal onderzocht worden door middel van een casestudie gericht op noodoverloopgebieden.	V. Daniel (VU)	Habiforum
Wetenschap cluster Synergie	Plannen in onzekerheid: ontwikkelen van robuuste strategieën in het verkeer- en vervoerbeleid ter ondersteuning van complexe ruimtelijk-economische netwerken. Dit onderzoek richt zich in het bijzonder op het gedrag van bedrijven en de wijze waarop het verkeer- en vervoerbeleid in staat is veranderingen in dat gedrag te ondersteunen.	F. Le Clercq (UvA)	Habiforum
Praktijk project CoP	Communities of Practice. Representatief / Participatief. Projectleiders in ruimtelijke en infrastructurele projecten staan voor de lastige taak zowel geluiden uit de maatschappelijke als uit de politieke omgeving te vertalen naar hun project, en beide herkenbaar te houden. Deze CoP is erop gericht inzicht te verwerven in cruciale mechanismen die hierbij een rol spelen. Kennis delen, elkaar helpen en vragen ontwikkelen voor de kennispleinen staan centraal in vier casestudies.	A. Van Luin	Habiforum
Praktijk project Overig	Collectief Leren in Communities of Practice. Het leggen van dwarsverbanden tussen de uiteenlopende manieren van doen en processen die binnen praktijkcasussen in Habiforum zijn en worden gehanteerd. Het laten zien dat vernieuwend ruimtegebruik een ontwikkelingsgerichte manier van samenwerken is waarvan gezamenlijk leren een onlosmakelijk en essentieel onderdeel vormt.	M. Coenders	Habiforum
Overig	Meerstad Groningen. Meerstad Groningen is een ontwikkeling van het gebied tussen de oostkant van de stad Groningen, Engelbert en Harkstede. Behalve 10.000 woningen in sterk verschillende dichtheden omvat het plan een meer van 600 hectare en honderden hectares groen. Met name het water wordt optimaal ingezet voor meervoudig ruimtegebruik.	E. Mackay (projectbureau Groningen)	Habiforum

De Europese Unie wil dat de temperatuurstijging door klimaatverandering maximaal 2°C is ten opzichte van het pre-industriële niveau (EU, 2007). Hiervoor moeten wereldwijd veel mitigatiemaatregelen getroffen worden. Zelfs als de EU-doelstelling wordt gehaald, moeten nog steeds adaptatiemaatregelen genomen worden. Dit komt doordat het natuurlijk systeem langzaam reageert op de veranderende concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer, waardoor er een langdurig na-ijleffect is. De klimatologische omstandigheden zijn al veranderd over de afgelopen decennia en zullen nog lang verder blijven veranderen, zelfs bij een gelijkblijvende broeikasgasconcentratie. Dit zal het natuurlijke systeem verder beïnvloeden.

Voor de Nederlandse overheid is adaptatie complementair aan mitigatie (ARK, 2006). Beide zijn noodzakelijk in de toekomst, enerzijds om de mate van klimaatverandering te beperken en anderzijds om te reageren op de veranderde omstandigheden. Het beperken van de mate van verandering is van belang, omdat anders de kans bestaat dat de klimaatverandering zo groot wordt dat bepaalde natuurlijke systemen zich niet meer kunnen aanpassen en adaptatie voor veel menselijke systemen veel geld en inspanningen gaan kosten (ARK, 2006). Een effectief klimaatbeleid dat gericht is op het verminderen van de risico's zal bestaan uit een portfolio van diverse adaptatie- en mitigatiemaatregelen.

Bij het maken van keuzen welke maatregelen genomen moeten worden is het goed om af te wegen welke mogelijkheden er zijn en of adaptatie- en mitigatiemaatregelen te integreren zijn in bredere ontwikkelingsstrategieën. Het IPCC heeft de relatie tussen mitigatie en adaptatie in vier groepen verdeeld (AR4, 2007):

- Adaptatiemaatregelen die ook consequenties hebben voor mitigatie
- Mitigatiemaatregelen die ook consequenties hebben voor adaptatie
- Besluiten die een afweging of synergie omvatten tussen adaptatie en mitigatie
- Processen die gevolgen hebben voor zowel adaptatie als mitigatie

Een typisch voorbeeld van een adaptatiemaatregel met negatieve gevolgen op mitigatie (maladaptatie) is het toepassen van airconditioning. De temperatuur in gebouwen wordt verlaagd, hierbij wordt veel energie gebruikt en dat levert een bijdrage aan klimaatverandering. Daarnaast wordt de omgeving van een gebouw met airconditioning verwarmd, door de uitgestoten warmte van het aircosysteem. Voorbeelden van maatregelen die zowel goed zijn voor mitigatie als adaptatie doeleinden zijn warmte- en koudeopslag en semiverharde parkeerplaatsen (zie Paragrafen 5.3.2 en 5.4.2).

In stedelijke gebieden treedt ook concurrentie op tussen mitigatie- en adaptatiemaatregelen. Bijvoorbeeld zonnecollectoren of zonneboilers op daken dragen bij aan mitigatie, maar de daken kunnen ook voorzien worden van een daktuin of worden witgeverfd, zodat ze bijdragen aan een vermindering van het hitte-eilandeffect (De Pater, 2007).

Bij het opstellen van klimaatbeleid voor het stedelijk gebied is het belangrijk mitigatie en adaptatie gelijktijdig te beschouwen, om de onderlinge beïnvloeding en win-win maatregelen niet te missen. Volgens de IPCC (AR4, 2007: Ch. 18) is het stedelijk gebied een van de sectoren waar de synergie tussen beide groot is. Het ontbreken van uitgebreide kennis op dit vlak en het ontbreken van kennis op het gebied van institutionele en organisatorische capaciteiten kan de synergie verminderen. Het is dus aan te bevelen om hiervoor ervaring en kennis op te doen.



Maatregelen ter verhoging van de klimaatbestendigheid van het stedelijk gebied

5.1 Inleiding: klimaatbestendige ruimtelijke ordening

Maatregelen ter verhoging van de klimaatbestendigheid van het stedelijk gebied maatregelen vallen in twee³ categorieën: emergency planning (voor bij een ramp) en strategic planning (voor de langetermijn-veranderingen). Veel maatregelen zijn reeds beschikbaar. Studies naar de effecten van deze maatregelen zijn uitgevoerd in verschillende steden en landen. In dit hoofdstuk staat een lijst van beschikbare maatregelen, met een korte beschrijving van de effecten en een verwijzing naar de plaats waar meer informatie te vinden is.

Veel maatregelen hebben met de configuratie van steden te maken. Van belang is dat de ruimtelijke ordening zelf klimaatbestendig wordt. Met name stadsvernieuwingen en renovatieprojecten, en het ontwerp van nieuwe wijken lenen zich bij uitstek voor klimaatbestendige ruimtelijke ordening. Nieuwe wijken kunnen enerzijds worden ontworpen met een hoge dichtheid, veel wit, daktuinen en slim gebruik van wind en water om het hitte-eilandeffect tegen te gaan, en anderzijds ruim worden opgezet met veel groen (De Pater, 2007) om ze klimaatbestendig te maken. Ruim opgezette wijken genereren echter meer verkeer en dus ook meer CO₂-emissies.

Bij klimaatbestendige inrichting spelen vier schaalniveaus een rol: het gebouw, de wijk, de stad en de regio. Deze worden hieronder verder uitgewerkt.

5.2 Het gebouw

LCCP (2006) doet voorstellen om standaarden op te stellen over hoeveel warmte gebouwen mogen accumuleren. Ook zouden nieuwe gebouwen niet verder moeten bijdragen aan het urban heat effect. Thermal Environment Maps, zoals onder meer toegepast in Tokyo, kunnen de factoren die het hitte-eilandeffect beïnvloeden in kaart brengen.

Hacker en Holmes (2007) beschrijven voorbeelden over natuurlijke ventilatie in kantoren. Aanpassing van gevels, daken en wegdekken staat beschreven in Watkins et al. (2007). De stad zou hierdoor wel een 'witter' aanzien krijgen: witte oppervlakken absorberen immers minder warmte. Met name door slim te ventileren middels ramen en met elektrische ventilatoren, dakisolatie, het wit maken van daken en gevels en vegetatie op daken en gevels kunnen bestaande woningen kosteneffectief hittebestendiger worden gemaakt.

Het aanleggen van daktuinen verhoogt ook de waterbergingscapaciteit en verdamping. Verder reduceren daktuinen de hoeveelheid fijn stof in de lucht. Programma's voor groene daken zijn

³ Een mogelijke derde categorie is het vergroten van de recovery capacity, de mogelijkheid tot herstel van het systeem na een ramp (Van de Ven, 2007).

onder andere in Basel, Linz, Stuttgart, Toronto en Camden. In Breda is in september 2007 een onderzoek gestart naar de kosten en baten van groene daken in de spoorzone (Blik op Nieuws Noord Brabant, 2007). Ook Rotterdam gaat het aanleggen van daktuinen stimuleren, vooral om wateroverlast te bestrijden. Het nadeel van daktuinen is een toename van eutrofiëring, omdat deze tuinen gewoonlijk worden bemest (Van de Ven, 2007). Verder is een aandachtspunt dat in tijden van droogte deze tuinen moeten worden bevoeid, terwijl er dan ook schaarste is aan water (De Pater, 2007).

5.3 De wijk

5.3.1 Groen in de stad en ruimtelijke inrichting

De inrichting van een wijk is medebepalend voor het warmtecomfort dat de bewoners ervaren. De ligging van de straten, sloten, kanalen en rivieren bepaalt of de wind er voor verkoeling kan zorgen (corridors in jargon). De hoogte van en de vorm van de gebouwen (schaduwvorming) bepaalt het hitteprofiel van een wijk. Het gebruik van lichte materialen en groen tempert de hitte.

Bomen verdampen water en zorgen voor schaduw. Daarnaast filtert vegetatie fijn stof uit de lucht en zorgt het voor een verlaging van de (piek)afvoeren bij regenbuien. Het planten van bomen is een kosteneffectieve manier om het hitte-eilandeffect te verminderen (Peper et al., 2007). Bij bomenplantprogramma's moet wel gelet worden op het soort bomen dat wordt geplant, omdat sommige bomen zoals eik en wilg bronnen zijn van vluchtige organische stoffen die bijdragen aan fotochemische smog, of veel pollen aanmaken, die overlast veroorzaken voor mensen met allergieën (CURE & Tyndall Centre, 2003). Een ander punt van aandacht is dat de bomen ook bestand moeten zijn tegen droogte. Daarom worden nu op de hoge gronden in Nederland bijvoorbeeld platanen geplant (De Pater, 2007).

Het hitte-eilandeffect kan ook worden bestreden door het toepassen van verkoelende wegdekken (US-EPA, 2007). Hierbij moet bijvoorbeeld (zwart) asfalt worden vermeden en bijvoorbeeld parkeerplaatsen alleen semiverhard worden, zodat er gras kan groeien tussen de klinkers.

5.3.2 Warmte- en koudeopslag

Bij warmte- en koudeopslag wordt in de zomer, als er een koelbehoefte is, het gebouw gekoeld met water uit de diepe ondergrond of diepe meren (bijvoorbeeld de Nieuwe Meer in Amsterdam). Het opgewarmde water wordt terug de grond in geleid. In de winter als er een verwarmingsbehoefte is, wordt het warmere water uit de ondergrond opgepompt en gebruikt voor het verwarmen van het gebouw. Dit systeem gebruikt weinig energie en heeft geen verwarmend effect op de directe omgeving in de zomer (DMB, 2005). Warmte- en koudeopslag wordt al vaak toegepast bij de bouw van nieuwe kantoren, bijvoorbeeld bij de Amsterdamse Zuidas.

Ook het oppervlaktewater rond de stad kan worden ingezet als zonnecollector. In de zomer wordt het water verwarmd en ondergronds opgeslagen voor gebruik in de winter. Een energiebesparing tot 60% is mogelijk doordat alleen energie nodig is om pompen aan te drijven (Van de Ven, 2007).

5.4 De stad en de regio

5.4.1 Bestuurlijke maatregelen en communicatie

Bestuurlijke maatregelen vinden onder andere plaats op het schaalniveau van de stad. Van Ierland et al. (2006) lieten al zien dat in het algemeen het nemen van veel potentiële adaptatiemaatregelen bestuurlijk complex is, omdat er verschillende overheden en andere belanghebbenden bij betrokken zijn en de verantwoordelijkheden verspreid liggen. Hieronder staan een aantal praktische bestuurlijke opties die al worden uitgevoerd of makkelijk kunnen worden uitgevoerd.

In 2007 is onder leiding van het ministerie van VWS en in samenwerking met het RIVM, Rode Kruis, ActiZ en de GGD een nationaal hitteplan opgesteld (VWS, 2007). Het nationale hitteplan richt zich op bestuurders van instellingen, overheidsdiensten en brancheorganisaties. Het biedt een overzicht van de verantwoordelijkheden en maatregelen die gelden in een periode van aanhoudende hitte. Het doel van het plan is het verbeteren van het welzijn en het terugbrengen van sterfte, ziekte en verlies van levenskwaliteit tijdens periodes van aanhoudende hitte. De betrokken organisaties worden door het KNMI gewaarschuwd als het waarschijnlijk is dat de temperatuur voor 5 of meer dagen boven de 27 graden komt.

Wilby (2007) publiceerde een checklist voor stedelijke ontwikkelaars. Het bestuur zou een dergelijke lijst kunnen voorschrijven bij nieuwe projecten. Deze bevat de volgende onderwerpen:

- Ventilatie en koeling
- Waterafvoer
- Overstromingsrisico
- Watervoorziening
- Leefomgeving (luchtkwaliteit en biodiversiteit)

Verschillende casestudies en checklists over klimaatbestendige stedelijke ontwikkeling staan in SECCP (2007).

Voor het stimuleren van mitigatiemaatregelen op lokaal niveau heeft de nationale overheid van Nederland in 1999 de subsidieregeling BANS (Bestuursakkoord Nieuwe Stijl) opgesteld waarvan lagere overheden gebruik kunnen maken (Gupta et al., in druk). Deze regeling loopt af in het begin van 2008. Een vergelijkbare regeling kan worden opgesteld om het nemen van adaptatiemaatregelen door lokale overheden te stimuleren.

De Structuurplannen voor gemeentes, waar water, milieu, landschap en economie een rol in spelen zijn een geschikt middel om klimaatbestendigheid in onder te brengen. Deze plannen worden op dit moment herzien.

5.4.2 Waterhuishouding

Maatregelen die te maken hebben met water kunnen plaatsvinden op verschillende schaalniveaus. Van Ierland et al. (2006) noemt verschillende maatregelen die de stedelijke waterhuishouding klimaatbestendiger maken:

- Waterberging in of vlakbij de stad vergroten om water in op te vangen tijdens piekneerslag (ook genoemd door LCCP, 2006)
- Watermanagementsystemen: met name noodvoorzieningen bij (metro-)tunnels
- Herontwerp van de ruimtelijke ordening: constructie van gebouwen en infrastructuur, eventueel in combinatie met reductie van overstromingsrisico's

Van Ierland et al. (2006) noemen ook het 'vergroten van de afvoercapaciteit van het riool en andere maatregelen om extreme neerslag te verwerken'. De afvoercapaciteit wordt nu al zodanig ontworpen dat het systeem eens in de vijf jaar overstroomt. Het vergroten van de capaciteit is nodig om de overlast niet vaker te laten voorkomen, maar is op zich geen oplossing voor extreme neerslaggebeurtenissen (Van de Ven, 2007). Bovendien wordt in wijken jonger dan 20 jaar het hemelwater niet via het riool afgevoerd (De Pater, 2007).

Er zijn aanwijzingen dat steden aan het 'verstenen' zijn: bijvoorbeeld doordat mensen hun voortuinen bestraten en omdat groen wordt opgeofferd voor parkeerplaatsen. Door parkeerplaatsen alleen gedeeltelijk te verharderen kan de waterafvoer worden verbeterd en wordt bovendien het hitte-eilandeffect tegengegaan door het gras dat groeit tussen de stenen (Mulder, 2007).

Ashley et al. (2007) concluderen dat traditionele manieren om wateroverlast te beperken niet meer werken en beschrijven een stakeholderbenadering om oppervlaktewatermanagement-plannen te ontwikkelen. Ook ontwikkelden zij modellen die het landschap en de waterafvoer op microschaal beschrijven.



6.1 Barrières

Het vaststellen van barrières, dat wil zeggen factoren of randvoorwaarden die de implementatie van adaptatieopties voorkomen of die ervoor zorgen dat ze ineffectief zijn, is niet op waarde vrije manier te doen (AR4, 2007: 733). De barrières zijn ook sterk afhankelijk van de mate van klimaatverandering.

Theoretisch zijn kennisleemtes op drie manieren vast te stellen (De Boer, 2007):

- **Simuleren:** het vergelijken van een probleemgebied met een bestaand probleem dat wel is opgelost (bijvoorbeeld verzuring)
- **Scenario's runnen:** verhaallijnen bedenken van plausibele mogelijke toekomstbeelden en vaststellen welke kennis nodig is in de scenario's (zoals is gedaan in WLO, 2006)
- **Modelleren:** het opstellen van een model dat wordt gebruikt om het probleem op te lossen (zoal in LANDS, zie Tabel 1)

In voorliggende studie hebben wij een meer pragmatische methode gekozen om de kennisleemtes vast te stellen, namelijk het uitzoeken wat bestaande literatuur en de experts hierover hebben te melden. Met name AR4 (2007) en Veraart et al. (2006) hebben een aantal barrières kunnen identificeren. Deze zijn samengevat in Tabel 2.

Ook is gebruik gemaakt van de KNMI klimaatscenario's (Van den Hurk et al., 2006) en de Welvaart en Leefomgeving socio-economische scenario's (WLO, 2006).

Tabel 2 Barrières die de implementatie van adaptatieopties in stedelijke gebieden belemmeren (AR4, 2007; Haccoû en Metselaar, 2007; Mulder, 2007; Van de Ven, 2007; en Veraart et al., 2006).

CATEGORIE	BARRIÈRES
Institutioneel	1 Er is geen langetermijnvisie over een klimaatbestendig Nederland; 2 Complexe procedures belemmeren invoering van urgente maatregelen; 3 Kennis over evolutie van instituties onzeker; 4 Inconsistentie tussen ruimtelijke en bestuurlijke schaalniveaus; 5 Bestuurlijke structuren belemmeren innovatieve en integrale benaderingen om gevolgen van klimaatverandering op te vangen.
Informatie	6 Kennis en zorgen over het klimaat leiden niet automatisch tot handelen ten gevolge van persoonlijke en maatschappelijke waarden; 7 Klimaatbewustzijn en gevoel van urgentie zijn te laag bij gebiedsautoriteiten; 8 Percepties over klimaatrisico's zijn verschillend.
Technisch	9 Innovatiepotentieel onzeker; 10 Verwevenheid technologische systemen (met name infrastructuur) in steden.
Sociaal-cultureel	11 Migratie als adaptatieoptie leidt tot aantasting mensenrechten en duurzaamheid.
Economisch	12 Kosten aanpassing bestaande infrastructuur en gebouwen zijn hoog of de baten voor private partners zijn te laag; 13 Kosten van verzekeringspremies zijn onzeker.

Een aantal van deze barrières is het startpunt van lopend onderzoek, bijvoorbeeld is het eerste punt in tabel 2 het onderzoeksthema van het KvR-project IC12. Aangezien we de toekomst niet kunnen kennen zal dit project de barrière niet kunnen wegnemen, hooguit verlagen. De meeste geïdentificeerde barrières zijn niet zo specifiek voor klimaatverandering, zoals de barrières in de categorieën Institutioneel (3-4) en Informatie (6-8), of voor stedelijke gebieden, zoals de eerste twee institutionele barrières (1, 2) en de sociaal-culturele barrière (11).

Professionals die plannen maken om de effecten van klimaatverandering integraal te benaderen lopen in de praktijk vaak vast op bestaande bestuurlijke structuren (2, 5). Door de complexiteit van de benodigde aanpak en de financiële consequenties 'verschuilen' gemeentes, provincies en waterschappen zich achter bestaande structuren (Nijburg, 2007).

De informatiebarrières zijn 'oude bekenden' in de milieuwetenschappen, die al veel zijn bestudeerd buiten de context van klimaatverandering (bijvoorbeeld: Bell et al., 1996; Timmerman et al., 2001). De technische barrières (9, 10) worden (werden) uitgebreid bestudeerd in het kader van Technology Assessment en Technologie en Maatschappijonderzoek (bijvoorbeeld Schot, 1992; Groenewegen et al., 2001).

De (potentieel) hoge kosten van aanpassing van bestaande infrastructuur en gebouwen (12) vormen een duidelijke barrière. Het bedrijfsleven ziet onvoldoende winstmogelijkheden als ze hiermee aan de slag zouden gaan. De kosten van verzekeringspremies (13) zijn doorslaggevend voor de haalbaarheid van deze adaptatieoptie⁴, en de onzekerheid over de hoogte van de premies is daarom een duidelijk belemmering voor de introductie. Omdat het meeste kapitaal aan gebouwen en infrastructuur te vinden is in stedelijke gebieden zijn deze barrières hiervoor erg relevant. Van Ierland et al. (2006) hebben een start gemaakt met de schatting van de adaptatiekosten (en baten). In het lopende project IC5 kijkt men naar methodes voor analyse van kosten en baten, en ook naar toepassingen (zie Tabel 1).

6.2 Kennisvragen

Op basis van Tabel 2, eerdere hoofdstukken en bestaande literatuur hebben we Tabel 3 samengesteld. Mogelijk worden bepaalde kennisleemtes al (deels) behandeld in lopende projecten, maar binnen het tijdsbestek voor het maken van dit rapport was het niet mogelijk een diepgaande inventarisatie van het lopende onderzoek te maken.

De eerste zeven kennisleemtes hebben te maken met de effecten. Opvallend genoeg is er weinig bekend over de grootte van het hitte-eilandeffect in Nederlandse stedelijke gebieden (1). Mulder (2007) vond maar één studie van het KNMI die was bedoeld om te onderzoeken of de temperatuurmetingen in De Bilt worden beïnvloed door dit effect⁵. Hij verwacht dat het effect in Nederlandse wel eens kan afwijken van andere steden, omdat hier relatief veel water in en om de steden aanwezig is. Het project COM22 (Tabel 1) zal proberen een antwoord op deze vraag te geven. In Duitsland wordt al wel veel onderzoek gedaan op dit gebied (Klimes, 2007). Met het computerprogramma ENVI-met (2007) kunnen simulaties worden gedaan van effecten van bebouwing op het microklimaat.

⁴ Koophuizen zijn indirect verzekerd doordat een deel van de hypotheekrente wordt benut om risico's af te dekken (Van de Ven, 2007). Op dit moment zijn overstromingsrisico's onverzekerbaar, maar mogelijk verandert dit in de toekomst, wellicht alleen voor roerend goed.

⁵ Het antwoord was 'nee'.

Verder is het niet exact duidelijk hoeveel mensen precies risico lopen voor overstroming (2). Mogelijk kan het LANDS-project hier meer informatie over geven (zie IC3 in Tabel 1). De relatie tussen klimaatverandering en gezondheid (4) wordt in veel studies aangeroerd (zie bijvoorbeeld MNP (2005: 93) voor een overzicht), maar een systematische analyse ontbreekt nog.

Tabel 3 Geïdentificeerde kennisleemtes (Veraart et al., 2006; AR4, 2007: 566, 733 ev; Haccoû en Metselaar, 2007; Mulder, 2007; De Pater, 2007; Van de Ven, 2007; eigen analyse).

EFFECTEN	
1	Hoe groot is het hitte-eilandeffect in Nederlandse steden? In welke mate wordt het versterkt door klimaatverandering en de voortgaande verstedelijking? Wat is de invloed van de natte omgeving van Nederlandse steden? Wat is de invloed van de relatief lage warmtecapaciteit van Nederlandse woningen? Wat zijn de effecten van adaptatieopties in gebouwen op het leefklimaat in de wijk en vice versa?
2	Hoeveel mensen lopen overstromingsrisico in Nederlandse stedelijke gebieden?
3	In hoeverre verandert de houding van Nederlanders ten aanzien van wateroverlast? Hoe definiëren we overlast?
4	Wat zijn de directe en indirecte effecten van klimaatverandering op lucht- en waterkwaliteit en gezondheid in steden in Nederland (hitte, luchtkwaliteit, luchtvochtigheid, plagen, ziekteverwekkers, etc.)? Wat zijn onaanvaardbare temperatuuroverschrijdingen?
5	Hoe gevoelig zijn verschillende bestaande typen woningbouw en wijkconfiguraties (rood, blauw, groen) voor klimaatverandering? Hoe kan de huidige kwaliteit van de leefomgeving behouden of versterkt worden?
6	Hoe gevoelig is het consumptiegedrag van water en energie in de stad voor klimaatverandering?
7	In welke mate kunnen en willen Nederlanders hun levensstijl aanpassen aan een veranderend klimaat?
MAATREGELEN	
8	Welke adaptatieopties zijn er in stedelijke gebieden? Hoe kunnen ze op een geïntegreerde manier worden geëvalueerd (in termen van haalbaarheid, effectiviteit, kosten, baten en effecten), rekening houdend met verschillende percepties van klimaatrisico's door belanghebbenden en met mitigatie- en adaptatiedoelstellingen?
9	Wat zijn de kosten en de baten van de adaptatiemaatregelen om klimaatbestendig te worden (bijvoorbeeld aanpassing bestaande infrastructuur en gebouwen, verzekeringspremies (on)roerend goed)? Hoe zijn de kosten en baten verdeeld?
10	Hoe kunnen we ons voorbereiden op extremen (noodplannen, risicobewustzijn, evacuatie)?
11	Wat zijn de gevolgen (direct en indirect) van maatregelen die het hitte-eilandeffect tegengaan?
12	Hoe is een veranderend klimaat in te passen in het ontwerp van civiele werken? Hoe kan de veerkracht van technologische systemen voor bijvoorbeeld waterhuishouding worden vergroot?
13	Wat is het innovatiepotentieel op het gebied van technische adaptatiemaatregelen? Innovaties zijn dringend noodzakelijk in het licht van klimaatverandering: hoe kunnen ze effectief worden gestimuleerd?
IMPLEMENTATIE	
14	Hoe kan de transitie naar een klimaatbestendige stad bestuurskundig worden gerealiseerd? Wat zijn geschikte benaderingen om klimaatverandering te mainstreamen in beleidsbeslissingen bij gemeentes, waterschappen, provincies en het rijk (financiële prikkels van het rijk naar de lagere overheden)?
15	Welke regelgeving belemmert de implementatie van maatregelen?
16	Hoe kunnen burgers en andere belanghebbenden effectief participeren in besluitvormingsprocessen over stedelijke ontwikkelingen?
17	Welke praktische informatie is nodig voor managers en beleidsmakers die adaptatiemaatregelen moeten nemen?
18	Wat zijn de synergismen van adaptatiemaatregelen met mitigatiemaatregelen?

Andere interessante vragen over effecten die nog onderzoek vergen gaan over houdingen, de gevoeligheid van woningbouwconfiguraties, consumptiegedrag en levensstijlen voor klimaatverandering (4, 5, 6, 7). Kennisleemte 6, over de energieconsumptie bij een veranderend klimaat, kan mogelijk worden opgevuld met kennis van energiebedrijven en kennisleemte 7, over de levensstijlen, is onder andere onderzocht door RMNO (Haccoû en Metselaar, 2007). Ook WLO (2006) en MNP (2005) schrijven hierover.

Kennisleemtes 8 en 9, onder het kopje Maatregelen, worden bestudeerd door de WUR in KvR-project IC5. Dit project richt zich vooral op methodologische aspecten van kosten-batenanalyse (KBA) en minder op de kosten en baten zelf. KBA is ook niet gericht op het meenemen van percepties van risico's. Het is dus niet waarschijnlijk dat deze kennisleemtes zijn opgevuld na afloop van dit project. Bij de European Environmental Agency werkt de groep van Ronan Uhel ook aan dit soort afwegingskaders (Haccoû en Metselaar, 2007). Al in de jaren '90 ontwikkelde het Instituut voor Milieuvraagstukken de stadsstolpmethode (De Boer et al., 1996), een afwegingskader voor stedelijke gebieden, waarin negatieve effecten voor groepen bewoners kunnen worden gecompenseerd door maatregelen die de leefomgeving verbeteren.

Kennisleemte 10, geïdentificeerd door Mulder (2007), is overzichtelijk en zou betrekkelijk makkelijk opgevuld moeten kunnen worden. Nummer 11 is veel bestudeerd, maar meestal niet in de context van klimaatverandering. Nummers 12 en 13 hebben een sterke technologische component die in principe niet zo klimaatspecifiek is. Klimaatverandering maakt de leemtes wel urgent: voor stedelijke gebieden gaat het met name om de waterhuishouding, bouwkundige concepten en energie-efficiënt wonen en werken. Bij nummer 13 gaat het met name om innovaties die zowel bijdragen aan mitigatie als aan adaptatie en innovaties die klimaatverandering gebruiken om een positieve bijdrage te leveren aan de stedelijke leefomgeving (Haccoû en Metselaar, 2007).

Bij implementatie hebben kennisleemtes 14, 15, 16 en 17 veel met elkaar te maken. Op dit gebied wordt wel onderzoek gedaan, onder andere in LmW (bijvoorbeeld P1009, P4086), dus deze leemtes worden mogelijkwerwijs opgevuld. Aan de andere kant zijn de achterliggende problemen (bestuurlijk) zeer complex (Hisschemöller en Hoppe, 1998) en is het maar de vraag in hoeverre de projecten pasklare oplossingen zullen opleveren. Sommigen zien participatieve processen en gebrek aan regie bijvoorbeeld als belemmering wanneer besluitvorming urgent is (Haccoû en Metselaar, 2007). Kuypers (2007) merkt op dat er nauwelijks handelingsperspectieven zijn door de stringente ruimtelijke ordening- en bouwwetgeving in Nederland. Kennisleemte 17 kan worden opgevuld door een simulatiespel te spelen met beleidsmakers en managers, zoals ook wordt gedaan bij plannen voor rampenbestrijding (Haccoû en Metselaar, 2007).

In dit rapport hebben we al verschillende synergismen tussen adaptatie en mitigatie geïdentificeerd (Hoofdstuk 4). Van veel mitigatie- en adaptatieopties is er echter niet bekend hoe groot de effecten zijn op respectievelijk adaptatie en mitigatie (kennisleemte 18).

Conclusies en aanbevelingen

Het stedelijk klimaat in Nederland gaat veranderen. Hittegolven zullen vaker voorkomen en 's winters neemt de hoeveelheid neerslag toe. In de zomer moeten wij rekening houden met het frequenter voorkomen van hevige buien. Door het hitte-eilandeffect zijn de gevolgen van hitte in de stad mogelijk ernstiger dan in het landelijk gebied. Er is met name onzekerheid over de te verwachten hoeveelheid neerslag in de zomer en over de verandering in de richting en – in mindere mate – de windkracht.

Door de hitte neemt agressie en mortaliteit toe en de arbeidsproductiviteit af. Door wateroverlast en overstromingen kan aanzienlijke schade optreden, vooral in stedelijke gebieden, omdat zich daar immers veel kapitaal bevindt in de vorm van gebouwen en infrastructuur.

Het onderzoek naar geïntegreerde adaptatieopties richt zich doorgaans niet specifiek op stedelijke gebieden, maar veel individuele opties zijn daarop wel van toepassing. Het gaat daarbij met name om opties om het hitte-eilandeffect te verminderen (groen in de stad, stedelijke inrichting) en om water te bergen.

De mogelijke adaptatiemaatregelen moeten plaatsvinden in gebieden waar veel druk is op de ruimte. Er zijn talrijke sectoren, overheden en andere belanghebbenden bij betrokken en het nemen van veel van de integrale maatregelen is een complexe aangelegenheid. Dit is een belangrijke barrière. Kennisleemtes zijn hoe de maatschappelijke kosten en baten van adaptatieopties op een geïntegreerde manier kunnen worden geëvalueerd en hoe ze bestuurskundig kunnen worden gerealiseerd. Ook is niet duidelijk hoe belanghebbenden effectief kunnen participeren in de besluitvorming. Experimenten die nu gedaan worden in onder andere Leven met Water kunnen hierover waardevolle informatie opleveren.

Andere kennisleemtes gaan over de grootte van het hitte-eilandeffect in Nederland, innovatie en specifieke effecten van klimaatverandering in de stedelijke omgeving. Verder zijn er juist in het stedelijk gebied veel synergismen tussen mitigatie- en adaptatiemaatregelen. Opties die bijdragen aan beide zijn uiteraard te prefereren.

AR4 (2007). The Working Group II contribution to the IPCC Fourth Assessment Report, <http://www.ipcc-wg2.org/>.

ARK (2006). Nationaal Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat. Ministerie van VROM, Den Haag, 36pp.

Arnfield, A.J (2003) Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island, *Int J Climatol* 23: 1-26.

Ashley, R., J. Blanksby, A. Cashman, L. Jack, G. Wright, J. Packman, L. Fewtrell, T. Poole and C. Maksimovic (2007). Adaptable urban drainage: addressing change in intensity, occurrence and uncertainty of stormwater (AUDACIOUS), *Built Environment* 33(1): 70-84.

BelangenVereniging FunderingsProblematiek (2007). Funderingsproblematiek in Dordrecht, <http://www.wijken-dordrecht.nl/algemeen/verenigingen/bvfp.htm>, bezocht op 19 september 2007.

Bell, P.A., T.C. Greene, J.D. Fischer & A. Baum (1996). *Environmental Psychology*, Hartcourt Brace College Publishers, Fort Worth, 645 pp.

Blik op Nieuws Noord Brabant (2007). Onderzoek naar 'groene daken', <http://www.blikopnieuws.nl/bericht/57381>.

Boer J. de, V.M. Sol, F.H. Oosterhuis, J.F. Feenstra & H. Verbruggen (1996). De stadsstolp methode: een afwegingskader voor de integratie van milieu, economie en ruimtelijke ordening bij stedelijke ontwikkeling, Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam.

Boer, J. de (2007). Persoonlijke mededeling, Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit.

Commissie Vellinga (2006). Tussensprint naar 2015 - Advies over de financiering van de primaire waterkeringen voor de bescherming van Nederland tegen overstroming, Adviescommissie Financiering Primaire Waterkeringen, <http://www.verkeerenwaterstaat.nl/>, 74 pp.

CURE & Tyndall Centre (2003). Spatial Implications of Climate Change for the North West. Main Report, Consultation Draft.

DMB (2005). Energie aan de Zuidas. Dienst Milieu en bouwtoezicht Amsterdam.

Dordt Centraal (2007). Funderingsaanpak in Dordrecht: veel gepraat, veel onderzoek. 2007.07.11.

EU (2007). Adapting to climate change in Europe - options for EU action. Green paper COM(2007) 354 final, European Commission, Brussels, Belgium.

ENVI-met (2007). Three-dimensional microclimate model ENVI-met, <http://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/agklima/envimet/>, Universität Bochum.

Gill, S., (2004). Literature review: Impacts of climate change on urban environments. Centre for urban planning & regional ecology, Manchester.

Graves, H. M., Watkins, R., Westbury, P., and Littlefair, P. (2001). Cooling Buildings in London: Overcoming the Heat Island. London, CRC Ltd.

Groenewegen, P., K. Green, P.S. Hofman (Eds) (2001). Ahead of the Curve. Cases of Innovation in Environmental Management, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.

Gupta, J., Lasage, R. and Stam, T. (in druk). National efforts to enhance local climate policy in the Netherlands. Environmental Sciences.

Haccoû, H. en E. Metselaar (2007). Persoonlijke mededeling, Habiforum, Gouda.

Hacker, J.N. and M.J. Holmes (2007). Thermal comfort: climate change and the environmental design of buildings in the United Kingdom, Built Environment 33(1): 97-114.

Hisschemöller, M. & Hoppe, R. (1998). Weerbarstige beleidscontroverses: een pleidooi voor probleemstructurering in beleidsontwerp en analyse, in Hoppe, R. en A. Peterse (red): In Bouwstenen voor argumentatieve beleidsanalyse. Den Haag, Elsevier. 53-75.

Hurk, Bart van den, Albert Klein Tank, Geert Lenderink, Aad van Ulden, Geert Jan van Oldenborgh, Caroline Katsman, Henk van den Brink, Franziska Keller, Janette Bessembinder, Gerrit Burgers, Gerbrand Komen, Wilco Hazeleger and Sybren Drijfhout (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands, KNMI Scientific Report WR 2006-01, De Bilt.

Klimes (2007). Verbundprojekt 'Planerische Strategien und städtebauliche Konzepte zur Reduzierung der Auswirkungen von klimatischen Extremen auf Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten' (KLIMES), <http://www.klimes-bmbf.de>.

Kuypers, V.H.M. (2007). Projectbeschrijving A17 'Hoe kan de stad zich aanpassen aan weersextremen met nadruk op het "Heat island" effect als gevolg van veranderingen van het klimaat en hoe kunnen publieke en private partijen daarop anticiperen?' Alterra, Wageningen.

Ierland, E.C.van, Bruin, K. De, Dellink R.B. and A. Ruijs (2006). A qualitative assessment of climate adaptation options and some estimates of adaptation costs. Routeplanner deelrapport 3.

Kwadijk, J., F. Klijn and M. van Drunen (2006). Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting, WL | Delft Hydraulics, www.programmaark.nl, 94 pp.

Kuypers, V. (2007). Presentatie gehouden op het Symposium 'Hot place – Cool spaces', Amsterdam, 26 oktober.

LCCP (2002). London's Warming: The Impacts of Climate Change on London. London Climate Change Partnership.

- LCCP (2006). Adapting to climate change: Lessons from London. London climate change partnership, Greater London authority, London.
- Mulder, K. (2007). Persoonlijke mededeling, Faculteit Techniek, Bestuur en Management, TU Delft.
- MNP (2005). Effecten van klimaatverandering in Nederland, Milieu en Natuur Planbureau, 111 pp.
- Nijburg, C. (2007). Persoonlijke mededeling, Leven met Water, Gouda.
- NIROV (2007). Stedebouw & Ruimtelijke ordening, Den Haag.
- Pater, F. de (2007). Persoonlijke mededeling, Klimaat voor Ruimte, Amsterdam.
- PCCC (2006). De Staat van het Klimaat. Actueel Onderzoek en Beleid Nader verklaard, Wetenschappelijke Redactie Platform Communication on Climate Change (WR-PCCC), www.klimaatportaal.nl.
- Peper, P.J., E.G. McPerson, J.R. Simpson, S.I. Gardner, K.E. Vargas, Q. Xiao (2007) New York city, New York Municipal Forest Resource Analysis, Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, http://www.fs.fed.us/psw/programs/cufr/products/2/psw_cufr687_NYC_MFRA.pdf.
- Programmabureau Klimaat voor Ruimte (2007). Opgedragen projecten Klimaat voor Ruimte. Grafeno, Rotterdam.
- Sartor, F., Snacken, R., Demuth, C. and Walckiers, D. (1995). Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer, 1994, in Belgium. Environmental Research, 70, 105-113.
- Schot, J.W. (1992). Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies, Science, Technology & Human Values, 17(1): 36-56.
- SECCP (2007). Adapting to climate change: a case study companion to the checklist for development, Government Office for London, 64 pp., http://www.climatesoutheast.org.uk/downloads/Case_Study_Companion.pdf
- Timmerman, J.G., Boer, J. de, Hisschemöller, M. & Mulder, W.H. (2001). Specifying information needs: improving the working methodology. Regional Environmental Change, 2, 77-84.
- UN (2006). World Urbanization Prospects, The 2005 Revision. Department of Economic and Social Affairs. New York
- US-EPA (2007). Global Warming – Actions, Heat Island Effect. <http://www.epa.gov/heatislands/>
- Veraart, J., Obdam, P., Nijburg, C. and Makaske, B (2006). Quickscan kennisaanbod en -leemten in Klimaatbestendigheid. Routeplanner deelrapport 2.
- Ven, F.H.M. van de (2007). Persoonlijke mededeling, Rijkswaterstaat/RIZA, Lelystad.
- Volkskrant (2003). Aanleg reservoirs met zoetwater hoognodig, 12 augustus 2003.

VWS (2007). Nationaal hitteplan. Den Haag, 32 pp.

Watkins, R., J. Palmer, M. Kolokotroni (2007), Increased temperature and intensification of the Urban Heat Island: implications for human comfort and urban design, *Built Environment* 33(1): 85-96.

Wilby (2007). A review of the climate change impacts on the built environment, *Built Environment* 33(1): 31-45.

WLO (2006). Welvaart en Leefomgeving, CPB, MNP and RPB, Den Haag, 239 pp., www.welvaartenleefomgeving.nl.

Lijst geïnterviewde personen

Haccoû, H. en E. Metselaar (8 oktober 2007). **Habiforum**, Gouda.

Mulder, K. (19 september 2007). Faculteit Techniek, Bestuur en Management, **TU Delft**.

Nijburg, C. (24 september 2007). **Leven met Water**, Gouda.

Pater, F. de (17 oktober 2007). **Klimaat voor Ruimte**, Amsterdam.

Ven, F.H.M. van de (1 oktober 2007). **Rijkswaterstaat/RIZA**, Lelystad.

Colofon

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door bijdragen van de BSIK programma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum.

Auteurs: Michiel van Drunen (IVM) en Ralph Lasage (IVM)
Eindredactie: Sander Brinkman (Brinkman Climate Change)

Fotografie: Wilma Manders en Habiforum
Ontwerp: insandouts communication and design

ISBN/EAN: 978-90-5192-035-2

November 2007

Auteursrechten

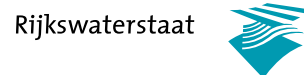
Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte (KvR), Leven met Water (LmW), Habiforum en CURNET. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte, Leven met Water, Habiforum en CURNET. Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken, mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld.

Aansprakelijkheid

Het Nationaal Onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte, Leven met Water, Habiforum en CURNET en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en van gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker. De Stichtingen Klimaat voor Ruimte, Leven met Water, Habiforum, CURNET en haar organisatieleden, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties kunnen niet aansprakelijk gesteld worden voor schade die voortvloeit uit gebruik van deze publicatie.



Ministerie van Verkeer en Waterstaat





klimaat 2008 ruimte

leven met water



2010

